Научное издание
НИИ Адаптогенно-Антиоксидантной Онкопрофилактики
Шалом Михайлович Тараканов

NAC, NAC - стук в небеса:

ксенобиотические антиоксиданты как причина метастазирования

Метастазирование - как ограничение
в **ксенобиотической** антиоксидантной онкопрофилактике.
Фото: Science Data

В работе **дальневосточного** **исследователя** онкопрофилактики, Шалома Михайловича Тараканова, даётся оценка способов снижения уровня

реактивных форм кислорода с применением **ксенобиотиков**, в том числе такого популярного как NAC (N-ацетил-L-цистеин).

Шалом Михайлович Тараканов - NAC, NAC - стук в небеса: ксенобиотические антиоксиданты как причина метастазирования. Онкологам.рф, 2026
doi: 10.5281/zenodo.20388458
pdf: Онкологам.рф/Tarakanov2026.05.NAC.pdf

Ключевые понятия:
NAC, **N-ацетилцистеин**, окислительный стресс, реактивные формы кислорода (ROS), ПОЛ (перекисное окисление липидов), антиоксидант, **метастазирование**, **онкопрофилактика**.

Введение

На заре онкопрофилактики было обнаружено, что **окислительный стресс** (преобладание в организме реактивных форм кислорода - отходов метаболизма над возможностями антиоксидантной системы) является **причиной большинства болезней**, в том числе **и рака**.

В связи с этим появились разумные и обоснованные рекомендации по **повышенному приему антиоксидантов** - витоминов C, E и A, бета-каротина, антоцианов ягод, соединений селена, цинка, магния.

Для пищевой промышленности были разработаны недорогие и доступные **синтетические антиокислители** - такие как ионол (*для липидных* сред) и тролокс (*для водных*).

Особенный успех был достигнут синтезом L-цистеина и N-ацетил-L-цистеина (NAC), источников для важнейшего **эндогенного антиоксиданта**-трипептида - глутатиона (GSH). Повышение уровня внутриклеточного глутатиона - отменяло многие признаки старения и словно возвращало молодость, экспериментальным животным - **продляло выживаемость вдвое**[Ma 2025, с.5].

Цистеин - используется в клетках для синтеза одного из важнейших эндогенных антиоксидантов, глутатиона:

> "Cysteine and some of its derivatives, such as N-acetylcysteine, are considered antioxidants and widely used in animal aging studies..
> The findings revealed that **cysteine supplementation significantly reduced the risk of mortality** in mice and C. elegans..
>
> It is categorized as nonessential because it **can be synthesized** by the body **from** other amino acids, such as **methionine**. Dietary cysteine greatly reduces the methionine requirement (Dong et al., 2018).
>
> Cysteine contributes to a wide range of cellular processes. In addition to being a fundamental building block for proteins, it **participates in the synthesis** of **glutathione**, a **critical antioxidant that safeguards cells** against oxidative damage (Bonifácio et al., 2021)."[Ma 2025, с.1]

Впрочем, и сам по себе цистеин является антиоксидантом:

> "The thiol group of cysteine is highly reactive, so **cysteine itself can reduce harmful substances like reactive oxygen species (ROS) and heavy metal ions** from the body (Tenório et al., 2021)"[Ma 2025, с.2]

Для синтеза глутатиона - также необходим дефицитный у пожилых глицин. Цистеин является источником и таурина, аминокислоты, которая как считается, **продлевает жизнь**:

> "Another metabolite **synthesized from cysteine, taurine**, has been demonstrated to profoundly impact multiple physiological functions and **slow down the aging process** (Singh et al., 2023)."[Ma 2025, с.2]

Особенно полезны соединения цистеина и известного онкопротектора - селена:

> "Besides NAC, **several other cysteine derivatives and natural extracts are antioxidants and their effects on aging have been demonstrated**.
>
> **Selenocysteine** is a proteinogenic amino acid and is present in 25 human selenoproteins (Zhang et al., 2020). Most of these proteins function **as oxidoreductases** and the selenocysteine residues are critical for their catalytic activities. **Selenocysteine was shown to delay aging** in C. elegans (Kim et al., 2017, 2018)."[Ma 2025, с.2]

Богаче всех биоактивными соединениями цистеина - лук (в том числе и вареный) и чеснок:

> "Both S-allylcysteine (SAC) and S-allylmercaptocysteine (SAMC) are **garlic-derived** amino acids and **antioxidants**; they are beneficial to diseases like neurodegenerative disorders (Colín-González et al., 2012). The influence of SAC on the lifespan of C. elegans was inconsistent but it appeared to **reduce ROS levels and improve the locomotive activity** of the aged worms (Kim and Park, 2016; Ogawa et al., 2016). SAMC was shown to **increase the lifespan** of worms (Ogawa et al., 2016)."[Ma 2025, с.2]

У молодых глутатион и так высок. А вот после 30-ти возможности, которые открывает прием цистеина (в сочетании с глицином), широки:

> "Clinical trials have revealed that the **supplementation of glycine** and NAC {т.е. в итоге цистеина} **in elderly individuals can**
>
> **improve aging-related** biochemical markers and phenotypes, including
>
> - glutathione deficiency,
> - oxidative stress,
> - mitochondrial dysfunction,
> - inflammation,
> - insulin resistance,
> - endothelial dysfunction,
> - body fat,

- muscle strength,
- gait speed {скорость походки}, and
- cognitive function (Kumar et al., 2023; Sekhar et al., 2011)."[Ma 2025, с.2]

Если БАД - то только NAC?

О возможностях, которые дает цистеин - можно говорить долго. Но как БАД - обычно в продаже бывает не сам цистеин, а его ксенобиотическая (не существующая в естественном питании) форма, N-ацетил-L-цистеин (NAC):

> "NAC is widely available as an over-the-counter nutritional supplement in countries such as the United States, Canada, and Australia"[Ma 2025, с.2]

Однако в 2010-е начали появляться лабораторные и клинические свидетельства, что массированное применение NAC хотя и снижало окислительный стресс, делая кровь свободнее от токсичных реактивных форм кислорода, но имело тяжелое последствие - **усиление метастазирования**.

Являясь ксенобиотиком, NAC нарушает сразу несколько защитных противометастатических процессов. Раковые клетки стали более свободно перемещаться по кровотоку, образуя новые колонии-опухоли. Исследованию данного процесса и посвящена эта работа.

NAC как источник Метастазирования

Ксенобиотик NAC - разжижатель мокроты и популярный донор антиоксидантного L-цистеина, показал повышение метастатической активности в тех органах, к которым он тропен (легкие, кожа, лимфоузлы).

Как только это было подтверждено опытно, начались поиски причины - ведь без серьезных оснований нельзя отказываться от такого ценного средства омоложения и продления жизни (удавалось устранить многие болезни, связанные с возрастом и старением).

NAC: усиление метастазирования

Постепенно из исследовательских лабораторий стали поступать сведения, что NAC - совсем не безопасен. Не увеличивая размеры первоначальных опухолей (а множество микроколоний - малоактивных опухолей есть у всех), NAC усиливает процесс метастазирования:

- N-acetylcysteine **promotes metastatic spread of melanoma** in mice[Obrador 2022]
  (проверено на моделях человеческой *меланомы*)
- The antioxidant **N-acetylcysteine** protects from lung emphysema but **induces lung adenocarcinoma** in mice[Breau 2019]
  (NAC вызывает аденокарциному легких)
- Antioxidants can **increase melanoma metastasis** in mice[Le Gal 2015]
  (NAC усиливает метастазирование меланомы *в лимфатические узлы*)

- Effects of antioxidants on **cancer progression**[Schmidt 2025]
(**увеличение** размеров ранних опухолей и **степени злокачественности** как ранних, так и поздних семейных аденоматозных **полипов**)
- Harnessing antioxidants **in cancer** therapy: opportunities, challenges, and future directions[Liu 2025]
(NAC - вызывает аденокарциному, снова в легких;
а вот витамин E, как показали 28-летние испытания - наоборот, снижает заболеваемость раком легких[Liu 2025, с.19])
- ROS in cancer: the burning question[Chio 2017]
(NAC - вызвал метастазирование меланомы в легкие и повысил итоговую смертность, Braf/PTEN null mouse model)
- для этого есть и множество других свидетельств[Sayin 2014, Assi 2017, Kitokawa 2021 и другие]

NAC: метастазный онкопромоутинг в легкие через **стимуляцию выхода раковых клеток в кровоток**

2019 год, июль

Обнаружено: Антиоксиданты-ксенобиотики NAC и Trolox - вызывают дальнее метастазирование, инициируя сам процесс выхода раковых клеток в кровоток через BACH1-индуцированный гликолиз в клетках первоначальной опухоли [Wiel 2019].

Поясним процесс: **BACH1** - ген-супрессор антиоксидантной выработки. Он активируется в норме, когда сверх-высокий уровень внутриклеточных антиоксидантов, и нужно снизить их выработку. Такая реакция понятна: ксенобиотические антиоксиданты нарушают работу системы, не рассчитанной на их присутствие. Её перекашивает в одну сторону (на подавление антиоксидантной выработки). И она ломается, давая свободу метастазированию.

Кстати, некие назвали этот не существующий в естественной природе Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromaneSigma-2-carboxylic acid) - "витамином E" (который на самом деле d-a-токоферол) и на основании такого обмана начали утверждать: "вот, витамин E - вызывает рак". Как важно смотреть, что стоит за подобными "сенсационными" заявлениями!

2024 год

NAC снижает уровень гема в клетках первичной опухоли, поощряя метастазирование[Heght 2024, с.25].

NAC: метастазный онкопромоутинг в легкие через **про-раковое перепрограммирование** нейтрофилов

2001 год

Обнаружено: на мутантных голых мышах без тимуса (и Т-клеток, которые могут быть подавлены нейтрофилами) NAC вреда не оказывал[Morini 1999] (саркома Капоши)[Albini 2001]

2010 год, январь

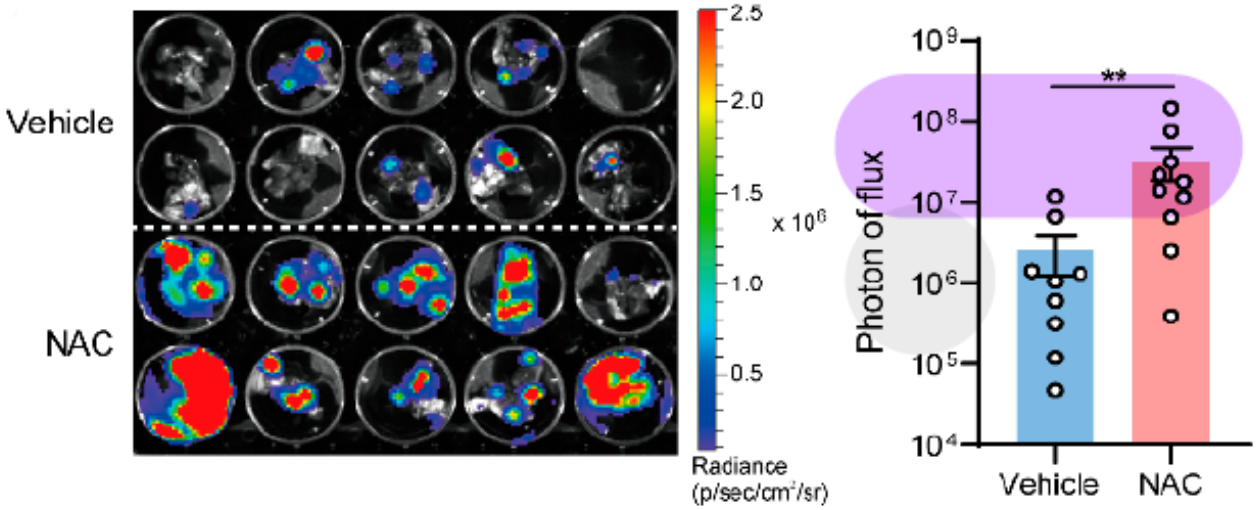
Обнаружено: NAC может перепрограммировать недозрелые прораковые нейтрофилы в нейтральные; опасность и ОБРАТНОГО[Srivastava 2010].

2026 год, январь

Итоговое открытие: Опасения подтвердились.

NAC напрямую действует на **нейтрофилы** in vitro и in vivo, вызывая у них **«иммуносупрессивный фенотип»**. NAC-обработанные нейтрофилы выделяют растворимые факторы, которые **подавляют активацию** (CD25, CD69) и эффекторную функцию (GZMB, IFNγ, PRF1) CD8+ **Т-клеток**. причем добавление NAC напрямую к Т-клеткам in vitro не влияет на их пролиферацию, активацию, цитокиновый профиль и цитотоксичность[Wiel 2019].

Именно NAC (а не цистеин) - подавляет противометастатический иммунитет по цепочке: NAC => фагоциты-нейтрофилы => Т-клетки.



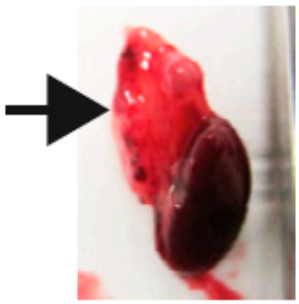
*Жестокий метастатический рост в **легких** (который дала первоначальная опухоль груди)*
в группе с NAC, по сравнению с контролем без NAC[*Zhang 2026, График со страницы 3*]

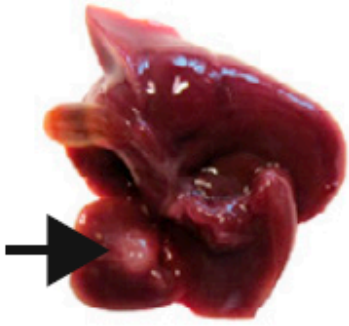
Высокие дозы **ксенобиотических** антиоксидантов: нарушение гомеостаза

Однако реактивные формы кислорода - не являются неким абсолютным вредом. Они широко используются, например, иммунными клетками организма для борьбы с патогенами, через них подается сигнал об обнаруженной опасности.

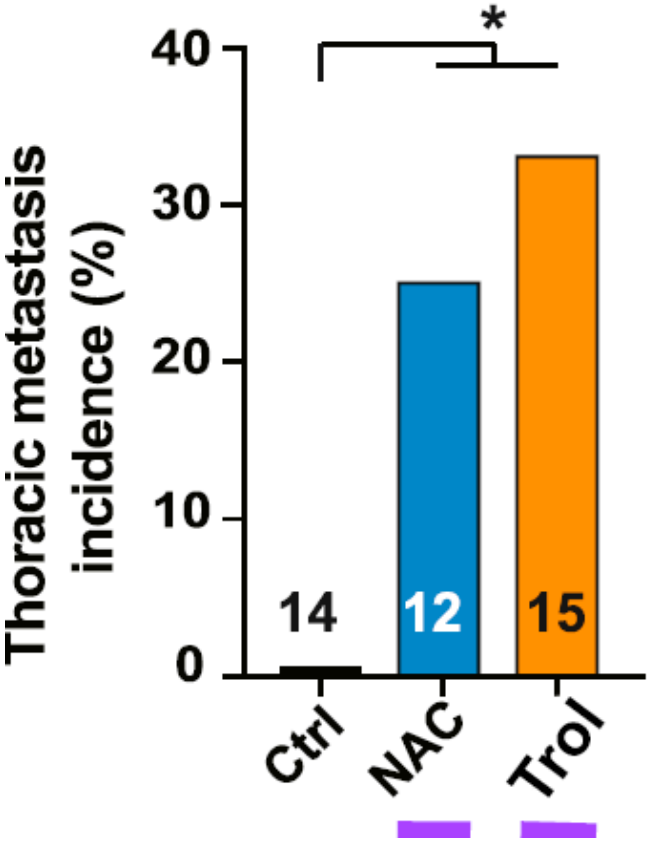
Поэтому высокие дозы ксенобиотических, мощных поглотителей активных форм кислорода (radical scavengers) вроде тролокса и ионола - **непременно нарушают** внутренние процессы организма, каждый из которых есть некое **хрупкое среднее между опасными крайностями**:

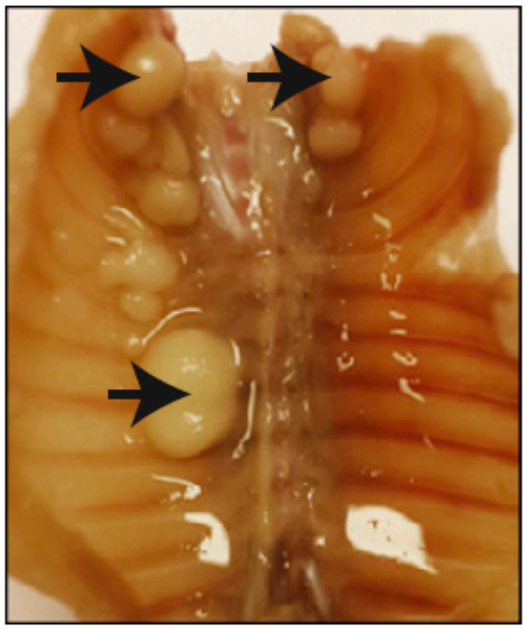
	#	(%)	Sites of distant metastasis
Ctrl	0/9	0	none
NAC	3/13	23	diaphragm, parietal wall, ovaries, liver
Trol	2/13	15	liver, adrenal gland





*Метастазы **дальние**, возникшие*
под действием ксенобиотических
(никогда не встречающихся в природе в таких количествах)
NAC и тролокса (отсутствующих в контрольной группе)[Wiel 2019, с.332]

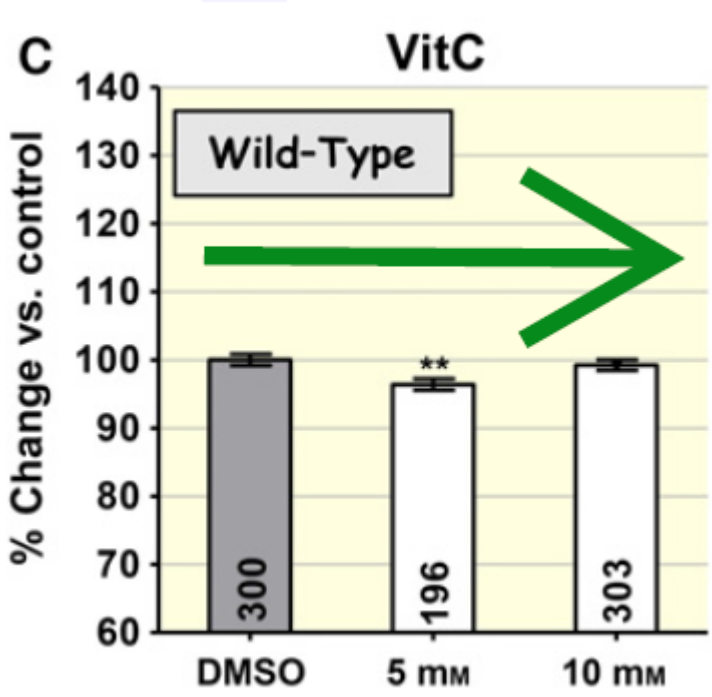




*Метастазы **в грудную клетку**, возникшие*
под действием NAC и тролокса[Wiel 2019, с.332]

Некоторые пытались (и будут пытаться) утверждать, будто и естественные, распространенные в природе антиоксиданты вроде витамина С - сверх неких минимальных мер делаются вредными, но (как и они сами выяснили) не подтверждается на природных живых объектах, для чего брали искуственно созданные мутантные линии[Desjardins 2017, с.105] (утверждение из серии "пшеница вызывает поражение ЖКТ у одного из 100.000 (целиакия, белок злаков - "глютен") => значит пшеница вредна ДЛЯ ВСЕХ").

Или же эксперимент проводится на сверх-высоких, заведомо токсических дозах (как это было с дибазолом в 2010-х для "доказательства" его репродуктивной токсичности, см. Кузубова 2007, Дибазол.рф). Попытки обчернения естественных, природных путей жизни - были и будут, поэтому так **важно изучать условия проведения эксперимента**, ставшего основанием для "сенсационного открытия".



Витамин С - не снижает продолжительность жизни,
в том числе при повышенных дозировках[Desjardins 2017, с.105]

Реактивные формы кислорода - стандартный способ борьбы с патогенами

Это ярко видно на примере имунных клеток - фагоцитов, которые выделяют реактивные формы кислорода как для уничтожения поглощенных вредителей, так и для хотя бы сдерживания слишком крупных частиц, которые фагоциты не способны поглотить, в том числе уведомляя через выброс ROS все иммунные клетки вокруг об обнаруженной опасности[Tocu 2026, p.4]:

> «**ROS** derived from NADPH oxidase, particularly NOX2,
> **are central to antimicrobial defense**»
>
> «**Реактивные формы кислорода**,

продуцируемые NADPH-оксидазой, особенно NOX2,
играют **центральную роль в противомикробной защите**»[c.1, Abstract]

«Beyond their microbicidal effects,
ROS function as signaling mediators
in the innate immune response.»

«Помимо микробоцидных эффектов,
ROS (реактивные формы кислорода) функционируют как **сигнальные медиаторы**
во врождённом иммунном ответе.»[c.5, Section 4]

Что вместо NACa?

Каждая клетка организма - целый **микрокосм со множеством внутренних процессов, хрупко балансирующих около той грани, которая называется "жизнь"**. А грубо вторгающиеся в это святилище красоты антиоксидантами ксенобиотическими, чуждыми биологической системе и часто вызывающими "лекарственные болезни", будут жестоко наказаны: **онкопромоутинг - метастазирование - рак**.

Так не пора ли нам начать учиться у природы? NAC, широко применяющийся сегодня как донор L-цистеина, оставил глубоко в тени **сам L-цистеин** - аминокислоту, куда более близкую биосистемам человеческого тела, чем NAC.

Не может ли применение самого **L-цистеина** (в сочетании с *глицином* и *таурином*) дать безопасный путь к тем светлым надеждам, которые возлагались на N-ацетилцистеин?

А может, достаточны более безопасные соединения цистеина из вареного **репчатого лука** (Allium cepa)?

Библиография

- Журнал "**Антиоксиданты**"
  Встречаются сведения об антиоксидантных свойствах фруктов, ягод и трав
  mdpi.com/journal/antioxidants
- Журнал "**Лекарства из Морепродуктов**"
  MDPI
- Журнал "**Вопросы питания**"
  Институт питания человека РАН, Voprosy-Pitaniya.ru
- Журнал "**Традиционная медицина**"
  TradMed.ru
- **Albini**, A., Morini, M., D'Agostini, F., Ferrari, N., Campelli, F., Arena, G., ... De Flora, S. (**2001**)
  Inhibition of angiogenesis-driven Kaposi's sarcoma tumor growth in **nude mice** by oral N-acetylcysteine
  \\ Cancer research, 61(22), 8171-8178

- **Assi**, M. (**2017**)
  The differential role of reactive oxygen species in early and late stages of cancer
  \\ American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 313(6), R646-R653

- **Breau**, M., Houssaini, A., Lipskaia, L., Abid, S., Born, E., Marcos, E., ... Adnot, S. (**2019**)
  The antioxidant N-acetylcysteine protects from lung emphysema but **induces lung adenocarcinoma** in mice
  \\ JCI insight, 4(19), e127647

- **Chio**, I. I. C., Tuveson, D. A. (**2017**)
  ROS in cancer: the burning question
  \\ Trends in molecular medicine, 23(5), 411-429

- **Desjardins**, D., Cacho-Valadez, B., Liu, J.-L., Wang, Y.,
  Yee, C., Bernard, K., Khaki, A., Breton, L., Hekimi, S. (**2017**)
  Antioxidants reveal an inverted U-shaped dose-response relationship between reactive oxygen species levels and the rate of aging in Caenorhabditis elegans
  \\ Aging Cell. 2017 Feb; 16(1):104-112
  doi: 10.1111/acel.12528
  Epub 2016 Sep 28. PMID: 27683245; PMCID: PMC5242296

- **Hecht** F, Zocchi M, Alimohammadi F, Harris IS. (**2024**)
  Regulation of antioxidants in cancer
  \\ Mol Cell. 2024 Jan 4;84(1):23-33
  pdf; doi: 10.1016/j.molcel.2023.11.001
  Epub 2023 Nov 28. PMID: 38029751; PMCID: PMC10843710

- **Kiyokawa**, H., Hoshino, Y., Sakaguchi, K., Muro, S., Yodoi, J. (**2021**)
  Redox regulation in aging lungs and therapeutic implications of antioxidants in COPD
  \\ Antioxidants, 10(9), 1429

- **Le Gal**, K., Ibrahim, M. X., Wiel, C., Sayin, V. I., Akula, M. K., Karlsson, C., ... Bergo, M. O. (**2015**)
  Antioxidants can **increase melanoma metastasis** in mice
  \\ Science translational medicine, 7(308), 308re8-308re8

- **Liu**, Y. E., Wu, G., Feng, L., Li, J., Xia, Y., Guo, W., Zhao, K. (**2025**)
  Harnessing antioxidants in cancer therapy: opportunities, challenges, and future directions
  \\ **Antioxidants**, 14(6), 674
  pdf

- **Ma**, Y., Chen, M., Huang, K., > Chang, W. (**2025**)
  The **impact of cysteine on lifespan** in three model organisms: A systematic review and meta-analysis
  \\ Aging Cell, 24(2), e14392
  pdf; doi: 10.1111/acel.14392

- **Morini**, M., Cai, T., Aluigi, M. G., Noonan, D. M., Masiello, L., De Flora, S., ... Fassina, G. (**1999**)
  The role of the thiol N-acetylcysteine in the prevention of tumor invasion and angiogenesis
  \\ The International Journal of Biological Markers, 14(4), 268-271

- **Obrador**, E., Salvador-Palmer, R., López-Blanch, R.,
  Oriol-Caballo, M., Moreno-Murciano, P., Estrela, J. M. (**2022**)

N-acetylcysteine promotes metastatic spread of melanoma in mice
\\ Cancers, 14(15), 3614

- **Sayin**, V. I., Ibrahim, M. X., Larsson, E., Nilsson, J. A., Lindahl, P., Bergo, M. O. (**2014**)
  Antioxidants accelerate lung cancer progression in mice
  \\ Science translational medicine, 6(221), 221ra15-221ra15

- **Schmidt**, S., Qiao, X., Bergö, M. O. (**2025**)
  Effects of antioxidants on **cancer progression**
  \\ EMBO Molecular Medicine, 17(8), 1896

- **Srivastava** MK, Sinha P, Clements VK, Rodriguez P, Ostrand-Rosenberg S. (2010)
  Myeloid-derived suppressor cells **inhibit T-cell activation** by depleting cystine and cysteine
  \\ Cancer Res. 2010 Jan 1;70(1):68-77
  pdf; doi: 10.1158/0008-5472.CAN-09-2587
  Epub 2009 Dec 22. PMID: 20028852; PMCID: PMC2805057

- **Tocu**, George, Bogdan Ioan Ștefănescu, Loredana Stavăr Matei, and Lavinia Țocu (**2026**)
  Phagocyte NADPH Oxidase NOX2-Derived **Reactive Oxygen** Species **in Antimicrobial Defense**: Mechanisms, Regulation, and Therapeutic Potential - A Narrative Review
  \\ Antioxidants 15, no. 1: 55
  pdf; doi: 10.3390/antiox15010055

- **Wiel**, C.; Le Gal, K.; Ibrahim, M.X.; Jahangir, C.A.; Kashif, M.; Yao, H.; Ziegler, D.V.; Xu, X.; Ghosh, T.; Mondal, T.; et al. (**2019**)
  BACH1 Stabilization by **Antioxidants Stimulates Lung** Cancer **Metastasis**
  \\ Cell 2019, 178, 330–345.e22
  pdf; doi: 10.1016/j.cell.2019.06.005

- **Zhang** J, Wang D, Wang H, Wu Q, Liu M, Li Q, Gong Z (**2026**)
  Antioxidant **N-Acetylcysteine** Facilitates Breast Cancer Metas-Tasis via **Immunosuppressive Reprogramming of Neutrophils**
  \\ International Journal of Molecular Sciences. 2026 Jan 4;27(1):526
  pdf; doi: 10.3390/ijms27010526
  PMID: 41516400; PMCID: PMC12787033

- Дополнительные источники.

2026 ©Онкологам.рф
некоммерческое научное издание
для исследователей онкопрофилактики